

中低層木質ラーメンの必要性能に関する検討  
その2. 終局時における必要接合部特性の検討

正会員 ○山根 光\*<sup>1</sup> 同 皆川 隆之\*<sup>2</sup>  
同 花井 勉\*<sup>3</sup> 同 高岡 繭子\*<sup>4</sup>  
同 大橋 好光\*<sup>5</sup>

木質ラーメン 中低層建築物 設計早見表  
必要接合部特性 荷重増分解析 限界耐力計算

1. はじめに

著者らは、前報<sup>1)</sup>にて事務所を建築用途とする木質ラーメン建物の接合部必要回転剛性の早見表を作成した。この早見表により、階数・スパン別にどの程度の部材断面や接合部回転剛性が必要かを把握し、その後の構造計画や実験計画の目安として利用する事が出来る。なお、この検討では必要部材性能の決定要因が弾性範囲での層間変形角など許容応力度等設計(以下、1次設計)で決定するものと仮定して検討を行った。

本報では、この早見表より成立するモデルを抽出し、1階柱脚及び柱梁接合部の回転剛性に塑性特性を設定して終局時の安全性を確認し、上記仮定の妥当性を検証する。終局時の検証では、限界耐力計算法(以下、限耐法)により安全限界時地震力(第2種地盤を想定)に対して成立する条件を確認し、接合部特性について考察する。なお、母材は弾性とする。

2. 検討概要

検討モデルは、早見表の一部から抽出して設定する。

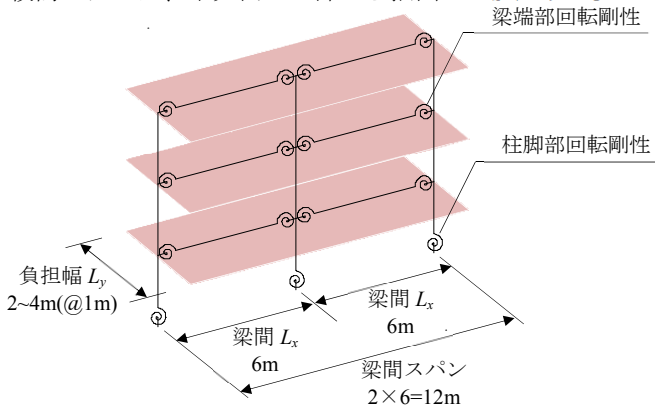


図1 検討モデル

表2 接合部特性値一覧

モデル	負担幅 Ly (m)	接合部位	接合部特性	初期剛性	第1降伏点	第2降伏点	第3降伏点	
				kθ	(7.5×10 <sup>-3</sup> rad)	(25×10 <sup>-3</sup> rad)	(60×10 <sup>-3</sup> rad)	
				×10 <sup>3</sup> kNm/rad	kNm	kNm	kNm	
モデル1	2	柱脚	①	6		45	87	108
			②	7.5	①×1.25	56	109	135
			③	9	①×1.5	68	131	162
		柱梁	①	9	柱脚①×1.5	68	83	90
			②	11.25	①×1.25	84	104	112
			③	13.5	①×1.5	101	125	134
モデル2	3	柱脚	①	10		75	145	180
モデル3	4	柱脚	①	15		113	218	270

検討フレーム：図1に示す3層の事務所ビルを対象とし、階高4m、各方向のスパンは均等、負担幅Lyを2m, 3m, 4m(モデル1~3)、設計荷重は表1とする。なお、負担幅パラメータは、主に接合部剛性の違いを確認する為に設定した。樹種は、ワシユアカツ集成材(JAS 対称異等級材 E105-F300)、柱梁断面は、柱200×700、梁200×840とした。

接合部特性：1階柱脚及び柱梁接合部の初期回転剛性を文献<sup>2)</sup>を参考に、早見表の必要値を満たすものを剛性①(接合部の設計が比較的容易)とし、その1.25倍及び1.5倍を剛性②(やや困難)、剛性③(困難)として表2及び図2に示すトリリニアの接合部特性を設定する。モデル2、モデル3の接合部特性値(柱脚②、③及び柱梁)は、表2及び図2の係数から求める。なお、第1降伏点は、弾性として扱う母材の損傷限界(1/150rad)付近とし、母材等の降伏を考慮した。

解析：荷重増分解析を行った後、限耐法により安全限界時地震力に対して成立する範囲を算定する。なお、各層の安全限界変形角は1/30radとした。

3. 検討結果

荷重増分解析により各層の骨格曲線(MDOF)を得る(図3)。その後、限耐法により1質点縮約モデル(SDOF)を作成し、安全限界地震力の成立する範囲(安全限界時

表1 設計荷重一覧 (N/m<sup>2</sup>)

部位	長期用	地震力用
屋根	1,400	1,700
床	2,800	2,100
外壁	350	350

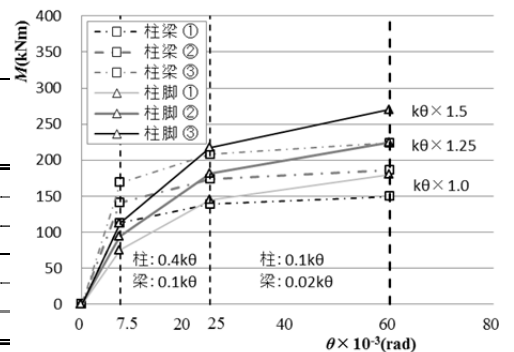


図2 接合部特性(モデル1)

地震力の釣り合い点(以下、真の値)から、安全限界変形角まで)を算定し太線で示した(表 3)。また、接合部の各降伏時(1階柱脚及び柱梁接合部にて最初に降伏に至る状態)を○印で示した。同図より、第2降伏点までの接合部耐力があれば、全ての検討モデルで安全限界時地震力を満足する事が出来る事が分かる。また、真の値時の必要接合部特性も同図に示した。なお、負担幅、接合部特性の違いによる明確な違いは得られなかった。要因として、断面を負担幅に応じて設定しなかったことが考えられる。

#### 4. まとめ

前報で示した早見表より、1次設計が成立するモデルを抽出し、1階柱脚及び柱梁接合部に塑性特性を設定して安全限界地震力の検定を行った。検定結果より、設定した接合部特性の第2降伏点までの性能があれば、1次設計で断面性能が決定することを確認した。また、必要接合部特性として、真の値を算定した。今後は、階高、負担幅、

部材断面等パラメータの違うパターンについても検討し、1次設計のみで必要接合部性能を決定できる条件を整理していきたい。また、部材レベルの詳細検討や実験結果との照合により、設計ツールの構築も行いたい。

#### 参考文献

- 1) 山根光, 大橋好光, 皆川隆之, 花井勉, 高岡蘭子: 中低層木質ラーメンの必要性能に関する検討 その1. 弾性解析による必要接合部回転剛性の算定, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2013.9
- 2) 大橋好光, 高岡蘭子: 木造事務所建築物の開発その3・ラーメンフレームの配置ツールの開発(作成方法と一例), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2012.9

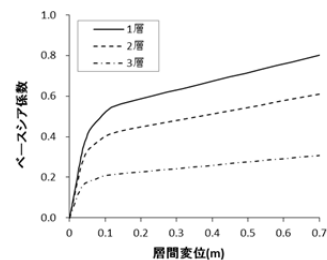


図 3 層の骨格曲線

表 3 検討結果一覧

	モデル 1	モデル 2	モデル 3																																				
剛性①	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">真の値時</th> </tr> <tr> <th></th> <th>柱脚</th> <th>梁端</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M (kNm)</td> <td>71.9</td> <td>77.6</td> </tr> <tr> <td><math>\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})</math></td> <td>11.2</td> <td>11.2</td> </tr> </tbody> </table>	真の値時				柱脚	梁端	M (kNm)	71.9	77.6	$\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})$	11.2	11.2	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">真の値時</th> </tr> <tr> <th></th> <th>柱脚</th> <th>梁端</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M (kNm)</td> <td>125.2</td> <td>127.8</td> </tr> <tr> <td><math>\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})</math></td> <td>12.5</td> <td>10.2</td> </tr> </tbody> </table>	真の値時				柱脚	梁端	M (kNm)	125.2	127.8	$\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})$	12.5	10.2	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">真の値時</th> </tr> <tr> <th></th> <th>柱脚</th> <th>梁端</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M (kNm)</td> <td>183.2</td> <td>180.6</td> </tr> <tr> <td><math>\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})</math></td> <td>11.8</td> <td>5.2</td> </tr> </tbody> </table>	真の値時				柱脚	梁端	M (kNm)	183.2	180.6	$\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})$	11.8	5.2
真の値時																																							
	柱脚	梁端																																					
M (kNm)	71.9	77.6																																					
$\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})$	11.2	11.2																																					
真の値時																																							
	柱脚	梁端																																					
M (kNm)	125.2	127.8																																					
$\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})$	12.5	10.2																																					
真の値時																																							
	柱脚	梁端																																					
M (kNm)	183.2	180.6																																					
$\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})$	11.8	5.2																																					
剛性②	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">真の値時</th> </tr> <tr> <th></th> <th>柱脚</th> <th>梁端</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M (kNm)</td> <td>93.5</td> <td>96.3</td> </tr> <tr> <td><math>\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})</math></td> <td>12.4</td> <td>10.6</td> </tr> </tbody> </table>	真の値時				柱脚	梁端	M (kNm)	93.5	96.3	$\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})$	12.4	10.6	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">真の値時</th> </tr> <tr> <th></th> <th>柱脚</th> <th>梁端</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M (kNm)</td> <td>158.1</td> <td>156.5</td> </tr> <tr> <td><math>\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})</math></td> <td>12.9</td> <td>8.4</td> </tr> </tbody> </table>	真の値時				柱脚	梁端	M (kNm)	158.1	156.5	$\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})$	12.9	8.4	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">真の値時</th> </tr> <tr> <th></th> <th>柱脚</th> <th>梁端</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M (kNm)</td> <td>213.7</td> <td>210.9</td> </tr> <tr> <td><math>\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})</math></td> <td>9.7</td> <td>7.5</td> </tr> </tbody> </table>	真の値時				柱脚	梁端	M (kNm)	213.7	210.9	$\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})$	9.7	7.5
真の値時																																							
	柱脚	梁端																																					
M (kNm)	93.5	96.3																																					
$\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})$	12.4	10.6																																					
真の値時																																							
	柱脚	梁端																																					
M (kNm)	158.1	156.5																																					
$\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})$	12.9	8.4																																					
真の値時																																							
	柱脚	梁端																																					
M (kNm)	213.7	210.9																																					
$\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})$	9.7	7.5																																					
剛性③	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">真の値時</th> </tr> <tr> <th></th> <th>柱脚</th> <th>梁端</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M (kNm)</td> <td>103.7</td> <td>110.0</td> </tr> <tr> <td><math>\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})</math></td> <td>10.1</td> <td>6.5</td> </tr> </tbody> </table>	真の値時				柱脚	梁端	M (kNm)	103.7	110.0	$\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})$	10.1	6.5	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">真の値時</th> </tr> <tr> <th></th> <th>柱脚</th> <th>梁端</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M (kNm)</td> <td>176.3</td> <td>179.1</td> </tr> <tr> <td><math>\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})</math></td> <td>10.6</td> <td>4.6</td> </tr> </tbody> </table>	真の値時				柱脚	梁端	M (kNm)	176.3	179.1	$\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})$	10.6	4.6	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">真の値時</th> </tr> <tr> <th></th> <th>柱脚</th> <th>梁端</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M (kNm)</td> <td>242.5</td> <td>243.4</td> </tr> <tr> <td><math>\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})</math></td> <td>8.2</td> <td>7.2</td> </tr> </tbody> </table>	真の値時				柱脚	梁端	M (kNm)	242.5	243.4	$\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})$	8.2	7.2
真の値時																																							
	柱脚	梁端																																					
M (kNm)	103.7	110.0																																					
$\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})$	10.1	6.5																																					
真の値時																																							
	柱脚	梁端																																					
M (kNm)	176.3	179.1																																					
$\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})$	10.6	4.6																																					
真の値時																																							
	柱脚	梁端																																					
M (kNm)	242.5	243.4																																					
$\theta (\times 10^{-3} \text{ rad})$	8.2	7.2																																					

\*1 えびす建築研究所 修士(工学)  
 \*2 えびす建築研究所  
 \*3 えびす建築研究所 代表取締役・工博  
 \*4 フリーランス 修士(工学)  
 \*5 東京都市大学 教授・工博

\*1 Ebisu Building Laboratory Co., Mr.Eng.  
 \*2 Ebisu Building Laboratory Co.  
 \*3 President, Ebisu Building Laboratory Co., Dr.Eng.  
 \*4 Freelance, Mr.Eng.  
 \*5 Prof., Tokyo City Univ., Dr.Eng.